



東京工業大学 大学院理工学研究科 准教授
村上 修一

【研究の背景】

スピンホール効果とは、固体に電場をかけるとそれに垂直にスピンの流れ（スピン流）が誘起される現象です。私たちは、清浄な半導体や金属においてこの効果が起こることを理論的に予言しました（図1）。この効果はその後さまざまな半導体・金属で観測されました。しかしこの効果がどのような物質で大きいのかなど基本的な性質が未解決のままでした。

【研究の成果】

固体結晶中の電子の運動は、バンド構造という枠組みで記述されることが知られています。私たちは、バンド交差（複数の電子バンドがエネルギー的に近接した箇所）がバンド構造にあると、スピンホール効果が大きくなることを理論的に見出しました。白金は巨大なスピンホール効果が実験で観測されており、私たちはこれが白金のバンド構造中のバンド交差によるものであることを、数値計算を用いて見出しました。今ではこの白金の巨大スピンホール効果は、金属や絶縁体へのスピン流注入や、それらの中のスピン流の検出の手段として使われています。

スピンホール効果は、電子が波であるという量子力学的性質によって起こります。したがってこれは多種の波動現象に普遍的にみられ、例えば波

の代表である光についても同様の機構でスピンホール効果が起こることを理論的に予言しました（図2）。

また私たちは絶縁体でのスピンホール効果を理論的に提唱し、これが最近盛んに研究されているトポロジカル絶縁体という物質群の発見の契機となりました。トポロジカル絶縁体は、物質内部は絶縁体ですが物質の表面は必ず金属的になり、さらにその表面には平衡状態でもスピン流が流れているという、新しい物質の状態です（図3）。

【今後の展望】

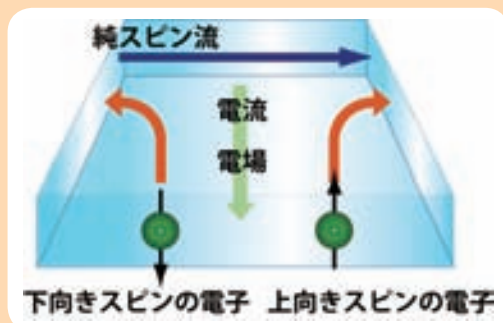
スピン流に着目することにより、新しい現象が次々と理論的に予言され実験で実証されてきています。こうした方向で研究を深化・発展させていくことで、物質の性質の理解およびスピントロニクス（電子スピンを用いたエレクトロニクス）への応用の両面に貢献していくことが期待されます。

【関連する科研費】

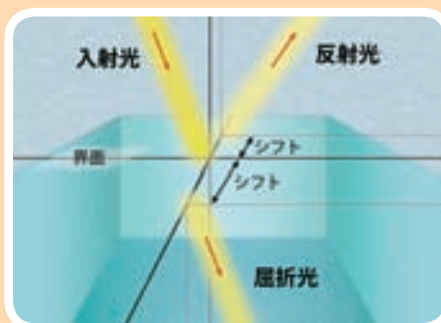
平成16－18年度 若手研究(B) 「半導体における電場誘起スピン電流とベリー位相」

平成19－20年度 特定領域研究 「量子スピンホール効果を示す物質の探索」

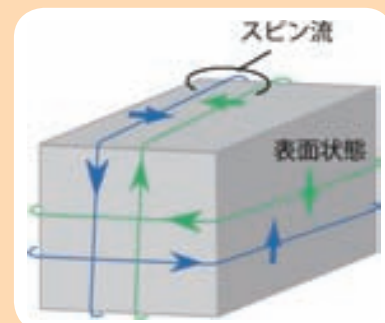
平成22－26年度 基盤研究(C) 「量子スピンホール効果の新奇物性探索とデザイン」



▲図1 スピンホール効果の模式図



▲図2 光のスピンホール効果の模式図



▲図3 トポロジカル絶縁体の模式図